



ROBOTTISOLUN MUUTOSTYÖ UUDELLE TUOTANTOLINJALLE

Lauri Haverinen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit
tuotantojärjestelmät

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät

HAVERINEN, LAURI:
Robottisolun muutostyö uudelle tuotantolinjalle

Opinnäytetyö 33 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Toukokuu 2015

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella muutostyö jo käytössä olevalle robottisolulle uudelle tuotantolinjalle. Työ sai alkunsa uuden tuotantolinjan rakentamisen ja pakkausudistuksen myötä. Työn tilaajana toimi Saarioinen Oy Valkeakoski.

Opinnäytetyön aineisto perustuu kirjallisille lähteille robottisolun ja robottien tekniikasta sekä muutostyön dokumentoimisesta. Opinnäytetyön aihe pyrittiin rajaamaan vain robottisolua koskeville asioille, sillä koko tuotantolinjan ja kuljetinlinjojen huomioonottaminen olisi työ kasvanut liian suureksi.

Projektin eteneminen ei sujunut aivan alkuperäisten suunnitelmien mukaan, sillä uuden pakkausrasian käyttöönottoa siirrettiin myöhäisempään ajankohtaan. Näin ollen testiajoja ei päästy suorittamaan uudella rasiolla. Alkuperäisen suunnitelman mukaan testiajojen piti alkaa jo hyvissä ajoin opinnäytetyöprosessin aikana, mutta prosessi siirtyi aikataulussa pidemmälle. Robottisolu tuotantolinjoineen otettiin käyttöön opinnäytetyön aikana ja tuotanto linjalla on alkanut.

Tämä opinnäytetyön julkinen versio ei sisällä luottamuksellista tietoa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and production Engineering
Modern Production Systems

HAVERINEN, LAURI:
Modification of a Robot Cell to a New Production Line

Bachelor's thesis 33 pages, appendices 2 pages
May 2015

The aim of this thesis was to design a modification to a robot cell, which was already in use, to make it compatible with a new production line. The construction of a new production line began and a packaging renewal took place. The thesis was done for Saarioinen Oy Valkeakoski.

The material of the thesis is based on literary sources on robot cells and technical information on robots and documentation of the modifications. The subject of thesis was limited solely on the modifications of the robot cell. Inclusion of the whole production line and conveyor systems was seen as out of the scope of the thesis.

The progress of the project did not go as planned, as the introduction of the new packages was moved later. Because of this no test runs could not be performed. The test runs were supposed to take place well in advance in during the writing but they were postponed. The robot cell and the whole production line was put to service and production has been started.

Confidential data has been removed from this public report.

Key words: robot cell, robot, documentation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	YRITYSESITTELY	7
3	ROBOTIN TOIMITTAJAN ESITTELY	9
4	PAKKAUSOLOSUHTEET ELINTARVIKETEOLLISUUDESSA.....	10
5	ROBOTIIKKA	12
5.1	Robottityypit	12
5.1.1	SCARA	14
5.2	Robottitarraimet ja työkalut	15
6	PAKKAUSUUDISTUS	17
6.1	Uusi rasia	17
7	ROBOTTISOLU	19
7.1	Layout	19
7.1.1	Vanha layout	19
7.1.2	Uusi layout	19
7.2	Solu	20
7.2.1	Robotit.....	21
7.2.2	Konenäköjärjestelmä.....	22
7.2.3	Tarttumat.....	24
7.3	Robottiturvallisuus.....	26
7.4	Muutostyön jälkeen.....	26
8	JÄRJESTELMÄN YLÖSAJO	29
9	YHTEENVETO	30
	LÄHTEET	31

ERITYISSANASTO

SCARA	Selective Compliance Articulated Robotic Arm eli valikoituvasti taipuisa nivelvarsirobotti
Layout	Esimerkiksi kokonaisen tehtaan tai prosessin tilallinen hahmotelma

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö syntyi yhteistyössä Saarioinen Oy Valkeakosken kanssa. Opinnäytetyössä keskitytään robottisolun muutostyöhön, joka on seurausta pakkaus uudistuksesta ja uudesta tuotantolinjan rakentamisesta tuotantoon. Opinnäytetyössä käydään läpi yrityksen historia, robotiikan teoriaa pääperiaattein ja robottien teknistä tietoa sekä itse robottisolun muutostyötä. Olen työskennellyt Saarioisilla kesätoissa jo kolmen edellisen kesän aikana tuotantotyöntekijänä lihavalmistepakkaamossa, joten tehtaalla käytettävät laitteet ovat joko osittain tuttuja tai olen niitä käyttänyt. Tämän myötä minulle avautui paikka tehdä opinnäytetyö yritykselle.

Työ pyrittiin rajaamaan vain robottisoluun liittyviä asioita, jotta työn laajuus pysyisi kurissa. Näin myös saatiin työssä keskittyä robottisolun keskeisiin asioihin, siihen liittyviin välittömiin komponentteihin ja toimenpiteisiin.

Opinnäytteen aloituspalaveri pidettiin marraskuussa 2014, jolloin sovittiin työn aiheesta sekä sen laajuudesta keskusteltiin, mutta laajuutta päätettiin tarkentaa myöhemmin selvemmäksi. Valmisteluita uudelle tuotantolinjalle tehtiin jo vuoden 2014 lopulla, ja robottisolun siirto alkoi vuoden 2015 alkupuolella.

2 YRITYSESITTELY

Saarioinen Oy on vuonna 1955 perustettu elintarvikealan konserni. Se on Suomen suurimpia elintarvikkeiden valmistajia. Yrityksen tuotanto on aluksi käsittänyt eineksiä ja broilereiden kasvatus on alkanut tämän jälkeen ja laajentuminen jatkunut. Ennen elintarviketuotantoa Saarioisten kartanolla on muun muassa viljelty tupakkaa ja kasvatettu kukkamultaa. Vuonna 1957 käynnistyi tehtaan einestuotanto, ja aivan ensimmäisiä tuotteita oli maksalaatikko, joka vielä nykyisinkin on yksi yrityksen suosituimmista tuotteista (Kuva 1). 1969 valmistui Sahalahdelle silloinen Suomen suurin elintarviketehdas. Esimerkiksi suomen suosituin 200-grammainen einespizza on saanut alkunsa Kangasalan Sahalahdella. (Saarioinen.)



KUVA 1. Saarioisten perinteinen maksalaatikko. (www.saarioinen.fi)

Nykyisin yrityksen tuotteita ovat elintarvikkeet laidasta laitaan. Valkeakosken toimipiste valmistaa esimerkiksi leikkeleitä, grillimakkaraa, nakkeja, lihapullia ja muita kypsiä lihatuotteita sekä leipomotuotteet kuten karjalanpiirakat. Sahalahdella valmistetaan valmisruuat, pastat, kypsät siipikarjatuotteet ja perinteiset joululaatikot. Huittisissa valmistetaan säilyvät tuotteet, kuten salaatinkastikkeet ja hillot, sekä salaatit ja jälkiruuat. Lisäksi Valkeakoskella on keskuslähettämö, joka käsittelee kaikki Saarioisten tuoretuotteet, josta ne lähtevät eteenpäin esimerkiksi jakelukeskuksiin. Yhtiöllä on valmistusta myös Virossa ja vientiä on hieman pohjoismaihin sekä Venäjälle.

Vuonna 2011 konsernin liikevaihto oli 334 miljoonaa euroa ja liikevoitto noin 7 miljoonaa euroa. Henkilöstöä Saarioisilla on nykyään noin 1500 henkilöä viidellä paikkakunnalla sekä Viron tehtaalla. Kausisesonkien henkilöstömäärä voi kuitenkin vaihdella, esimerkiksi joulusalaattien ja joululaatikoiden teko sekä pakkaus.

3 ROBOTIN TOIMITTAJAN ESITTELY

Robottisolun ja kuljetinlinjan muutostyön tekee Orfer Oy. Orfer on aikaisemmin toimittanut robottisolun ja kuljetinlinjat Saarioisille.

Orfer Oy on suomalainen tuotantoteknologian yritys, joka on perustettu vuonna 1970. Yritys aloitti Orimattilassa tuottaen alihankintana valmistettuja osia sekä sahateollisuuden koneita ja laitteita. 1980-luvun lopussa yritys alkaa painottamaan tuotantoaan automaattisiin materiaalinkäsittelyjärjestelmiin. (Orfer Oy.)

1990-luvulla Orfer aloittaa Kawasaki-robottien maahantuonnin. Toshiba Scara-robottien maahantuonti alkaa vuonna 2004 ja ensimmäinen Rowa-keräilyautomaatin luovutus vuonna 2006. (Orfer Oy.)

4 PAKKAUSOLOSUHTEET ELINTARVIKETEOLLISUUDESSA

Maailman terveysjärjestön WHO:n määritelmän mukaan elintarvikehygienialla tarkoitetaan kaikkea sellaisia välittömiä toimenpiteitä, joilla voidaan turvata elintarvikkeiden turvallisuus, terveellisyys ja puhtaus tuotannosta kulutukseen. Käytännössä siis pelloilta kuluttajan pöytään. Lisäksi Euroopan parlamentin elintarvikehygienia-asetuksessa korostetaan, että elintarvikehygienialla tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä ja edellytyksiä, jotka ovat tarpeen vaarojen hallitsemiseksi ja varmistamiseksi, että elintarvikkeet sopivat ihmisravinnoksi. (Elintarviketurvallisuusvirasto).

Olosuhteet elintarvikelaitoksessa ovat hyvin tärkeät ja kriittiset. Lämpötilan on oltava tuotanto- ja pakkaustiloissa riittävän matala, jotta tuotteiden kylmäketju ei pääse katkeamaan. Tämä asia pätee koko kuljetus- ja logistiikkaketjun sekä myymälätilojen puolella.

Lihavalmistepakkaamossa, jossa muutoksen kohteena oleva robottisolu sijaitsee, käsitellään ja pakataan vain kypsiä lihatuotteita, joten kylmäketjun katkeamattomuus on hyvin tärkeää tällaisille tuotteille, koska niitä ei jälkeempään enää tavallisesti kypsennetä. Pakkaamossa vallitsee kauttaaltaan 2 – 5° Celsius-asteen lämpötila.

Elintarvikepakkausten materiaali ja pakkauskoko rajoittavat robotin työkalujen ja kiinnittimien käyttöä. Kovat ja terävasärmäiset kiinnittimet eivät sovellu pakkausten käsittelyyn, sillä pakkausten eheyden on säilyttävä suojakaasun pitämiseksi pakkauksessa. Suojakaasu pitää elintarvikkeet mahdollisimman tuoreina sen säilytysaikana, sekä suojaa niitä hapelta. Tällöin vartenotettaviksi kiinnittimiksi tulevat esimerkiksi alipainetarttijat ja imukuppitarttijat.

Hygieniaolosuhteiden vaikutus on erittäin tärkeää, jotta voidaan turvata elintarvikkeiden säilyminen. Riittävien hygieniaolosuhteiden ylläpitämisessä on työntekijöiden omavalvonta ja desinfiointi erittäin tärkeässä osassa. Linjastot on säännöllisesti ja jatkuvasti desinfioitava, varsinkin tuotevaihdosten yhteydessä esimerkiksi allergioiden vuoksi, ja tuotteista pidettävä omavalvontakirjaa. Materiaalien on kestävä ja jokapäiväisessä pesussa käytettäviä happo- ja emäspitoisia puhdistusaineita. Työn

kyseinen robottisolu kuitenkin käsittelee kuitenkin jo pakattuja elintarvikkeita, joten sen desinfiointi ei ole välttämätöntä jatkuvasti. Tärkeää on kuitenkin, että koko tuotantolinja robottisoluineen on jatkuvasti puhtaanapidettävä.

5 ROBOTIIKKA

Robotin kuvaus kansainvälisen robottiyhdistyksen määritelmän mukaan on uudelleen ohjelmoitavissa oleva mekaaninen laite, jossa on vähintään kolme niveltä. Se on suunniteltu liikuttamaan esimerkiksi kappaleita tai osia ohjelmoitavin liikkein eri teollisuuden sovelluksiin. Robotin toiminta siis perustuu uudelleen ohjelmoitavuuteen, mutta nykypäivän teollisuudessa se ei enää pelkästään riitä. Järjestelmä on saatava toimimaan toimintaympäristössään, jossa sen prosessia päivitetään anturoinnin avulla. (Kuivanen 1999, 13.)

Robotisoinnilla pyritään tuotannon tehostamiseen ja mahdollisesti tuotantokustannuksien karsimiseen. Robotisoinnilla on mahdollista vaikuttaa työn laatuun, ympäristötekijöihin ja työtehtävien sisältöön. Yleisimpiä perusteluja robotisoinnille on esimerkiksi tuotannon laadun tasaisuus, tuottavuuden parantuminen, miehittämättömien tuotantojaksojen käyttö ja kapasiteetin lisääminen. (Aaltonen & Torvinen 1997, 10.)

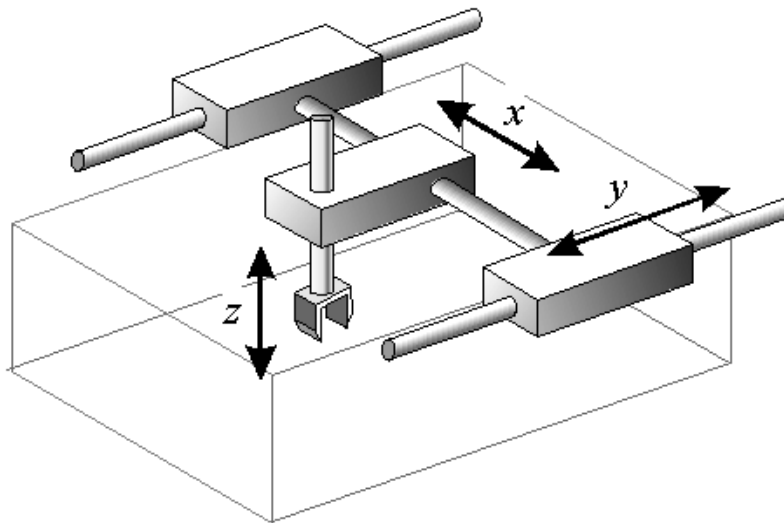
Nykyiset teollisuusrobotit perustuvat lähes kokonaan mekaniikkaan, jossa tukivarret ovat aseteltu peräkkäin. Tämän vuoksi robottien kuormankantokyky on melko pieni, mutta työalue suuri. (Kuivanen 1999, 17.)

5.1 Robottityypit

Teollisuudessa yleisimmät kappaleenkäsittelyrobottityypit ovat suorakulmainen robotti, kiertyvänivelinen robotti, sylinterirobotti ja SCARA-robotti. Lisäksi löytyy myös paljon muita robottimalleja, kuten jopa kuuden vapausasteen robotteja ja suuren kurottelukyvyn robotteja. (Kuivanen 1999, 16-17.)

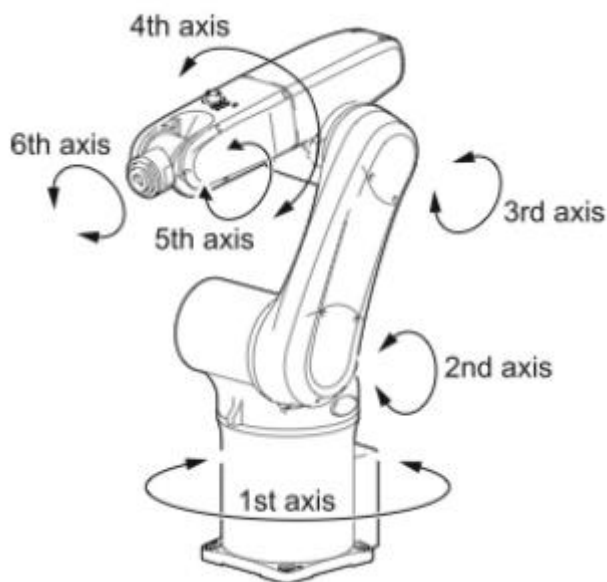
Suorakulmaisilla roboteilla kolme ensimmäistä vapausastetta ovat lineaarisia (KUVA 2). Suorakulmaista robottia kutsutaan myös karteesiseksi robotiksi. Tyypillinen suorakulmaisen robotin edustaja on portaalirobotti, jonka rakenne on tuettu pystypalkeilla sen työalueen kulmista. (Kuivanen 1999, 16.)

Cartesian Robot



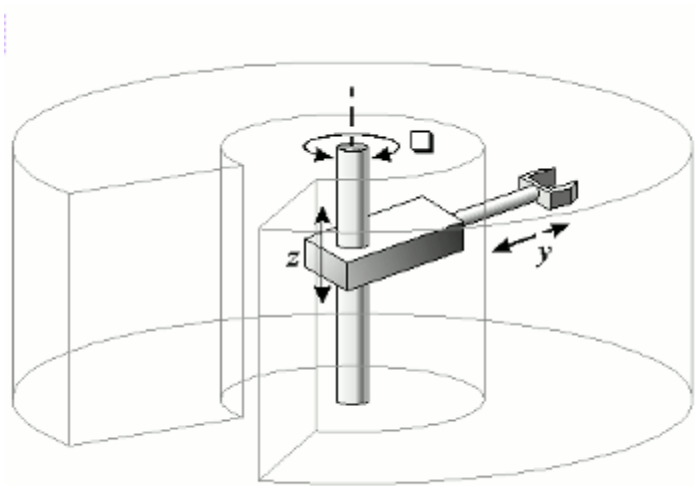
KUVA 2. Lineaarisen robotin vapausasteet. (<http://prime.jsc.nasa.gov/>)

Kiertyvänivelisen robotin jokainen vapausaste ovat kiertyviä ja tukivarret ovat kytketty peräkkäin. Tavallisimmat teollisuusrobotit ovat juuri kiertyvänivelisiä (Kuva 3). (Kuivanen 1999, 16, 180.)



KUVA 3. Esimerkki kiertyvänivelisestä robotista. (<http://www.meterforall.com/>)

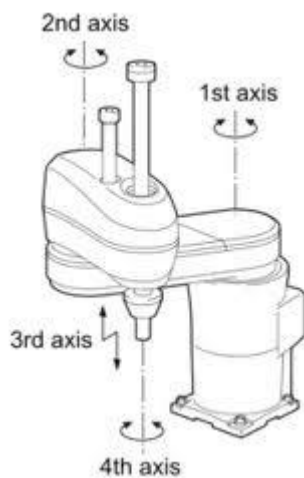
Sylinterirobotin nimitys tulee luonnollisesti robotin sylinterikoordinaatistosta. Robotilla on ainakin yksi kiertyvä nivel. Robotin käsivarren nivelet muodostavat sylinterikoordinaatiston (Kuva 4). (Kuivanen 1999, 17, 184.)



KUVA 4. Sylinterirobotin koordinaatisto. (<http://www.robots.com/>)

5.1.1 SCARA

SCARA-robottien suurimmat edut ovat erittäin nopeissa liikkeissä ja toistettavuudessa. Pääasiallisesti SCARA-robotteja käytetään kokoonpanotehtävissä, mutta ne sopivat myös moneen muuhunkin työhön, kuten pakkaus- ja poimintatehtäviin. SCARA-robotin käsivarsi muistuttaa hieman ihmisen käsivartta. Ensimmäistä akselia voidaan pitää ihmisen olkapäätä vastaavana, toista akselia kyynärpäätä vastaavana ja kolmatta ranneliikettä vastaavana (Kuva 5). Poikkeuksena tulee SCARA:n neljäs akseli joka onkin pystysuora akseli robotin ”ranteessa”. (Kuivanen 1999, 16.)



KUVA 5. SCARA-robotin vapausasteet. ([www. http://cdn2.hubspot.net/](http://cdn2.hubspot.net/))

SCARA-robotit ovat yleensä nopeampia kuin vastaavat karteesiset robottijärjestelmät. Mutta toisaalta niiden ohjelmointi ja ohjausjärjestelmä on monimutkaisempi kuin karteesisten vastaava. Tämä ei kylläkään vaikuta robotin käyttäjän tekemisiin vaan on suunnittelutekninen asia.

5.2 Robottitarraimet ja työkalut

Työkalulla tarkoitetaan sitä robotin mekaanista osaa, jota robotti siirtää asemasta toiseen. Tavallisin näistä työkaluista on tarrain. Muut työkaluryhmät ovat esimerkiksi hitsauspistoolit, maalausruiskut ja viimeistelytyökalut. Robottisovelluksissa tarraimen suunnittelu on yksi välttämättömyyksiä järjestelmäsuunnittelun osia. (Kuivanen 1999, 60.)

Tarraimen tai tarttujan suunnittelussa pitää ottaa huomioon seuraavia asioita: yksinkertainen suunnittelu, elintarvikepakkauksen kannalta triviaali kiinnitys tai tartunta ja helppo paikalleen asennus, sillä työntekijät vaihtavat robotteihin tarttuvat tuotevaihdoksen yhteydessä.

Tarttujan suunnittelussa mekaaniset tarttumat voitiin käytännössä heti poistaa suunnitelmasta. Mekaanisilla tarttujilla on fysikaalisesti monimutkainen rakenne ja niiden toimintanopeus voi olla rajoittava tekijä tuotannon materiaalivirran kanssa. Mekaanisissa tarttujissa pitäisi myös materiaalivalinnan ja sen käytön suunnitteleminen tehdä huolella. Teräviä reunoja ei saa olla, jotta pakkaus ei pääse vaurioitumaan. Tarttujan pinnat voitaisiin päällystää esimerkiksi muovilla tai kumilla, joka pehmentäisi tartuttaessa pakkaukseen. Näillä päätelmillä mekaanisesta tarttujasta voidaan luopua.

Alipaine- ja imukuppitarttujilla on monia puolia, kun tarkastellaan tarttumista tai kiinnittymistä elintarvikepakkaukseen. Tärkein ominaisuus pakkauksessa on jokin sileä pinta, josta alipaine- tai imukuppitarttuja voi ottaa kiinni. Kiinnityksen pitää tietysti olla tiivis, jotta tartunta pitää. Elintarvikepakkaukset yleensä suljetaan päältä muovikalvolla, joka pitää pakkauksen suojakaasussa. Imukuppi- tai alipainetarttujasta ei jää mitään näkyviä jälkiä eikä niissä ole reunoja, jotka voisivat vahingoittaa pakkausta. Jos esimerkiksi pakkauksen etiketti tai suojakalvo on päässyt rypistymään, tai on muuten huonosti kiinni, voi tartunta pettää tällaisissa tilanteissa. Imukuppitarttujan yksi

nopeuttava tekijä on se, että ei ole juurikaan merkitystä, miten päin sillä tartutaan pakkauksesta, tartunnan pitäisi onnistua mistä asennosta hyvänsä.

6 PAKKAUSUUDISTUS

Tuotantolinjalla tapahtuva pakkaus on suurin syy, jonka takia muutoksia tehdään myös robottisoluun. Kun pakkauskoko ja pakkausmateriaali vaihtuvat, pitää vähintään robottisolun työkaluihin ja kiinnittimiin tehdä muutoksia, jotta oikeanlainen pakkaustoimenpide saadaan suoritettua. Myös SCARA-robotit pitää ohjelmoida uusiksi, jotta robotit laatikoisivat ne Transbox-eineslaatikoihin oikein. Ohjelmointi suoritetaan robotin toimittajan toimesta.

Työtehtävä solun roboteilla ei muutu, vain pakkaukset ja niiden koko. Tämä käsittää käytännössä järjestelmän uudelleenohjelmoimisen ja uusien kiinnittimien teon. Huomioonotettavia asioita uudessa pakkauksessa on esimerkiksi sen koko, tämän määrittelee hyvin paljon se, kuinka suuren määrän elintarvikkeita siihen aiotaan pakata. Pakkauskoon pitää olla sopivan kokoinen, turha ylimääräinen tila pitää saada jätettyä pois, jotta eines on tarpeeksi tiiviisti pakattu, eikä vie liikaa tilaa. Materiaalin pitää olla kestävä ja samalla kevyttä. Pakkauskoko on olennainen asia, kun ne pakataan Transbox-eineslaatikoihin, joissa ne toimitetaan loppuviimein päivittäistavarakauppoihin (Kuva 6).



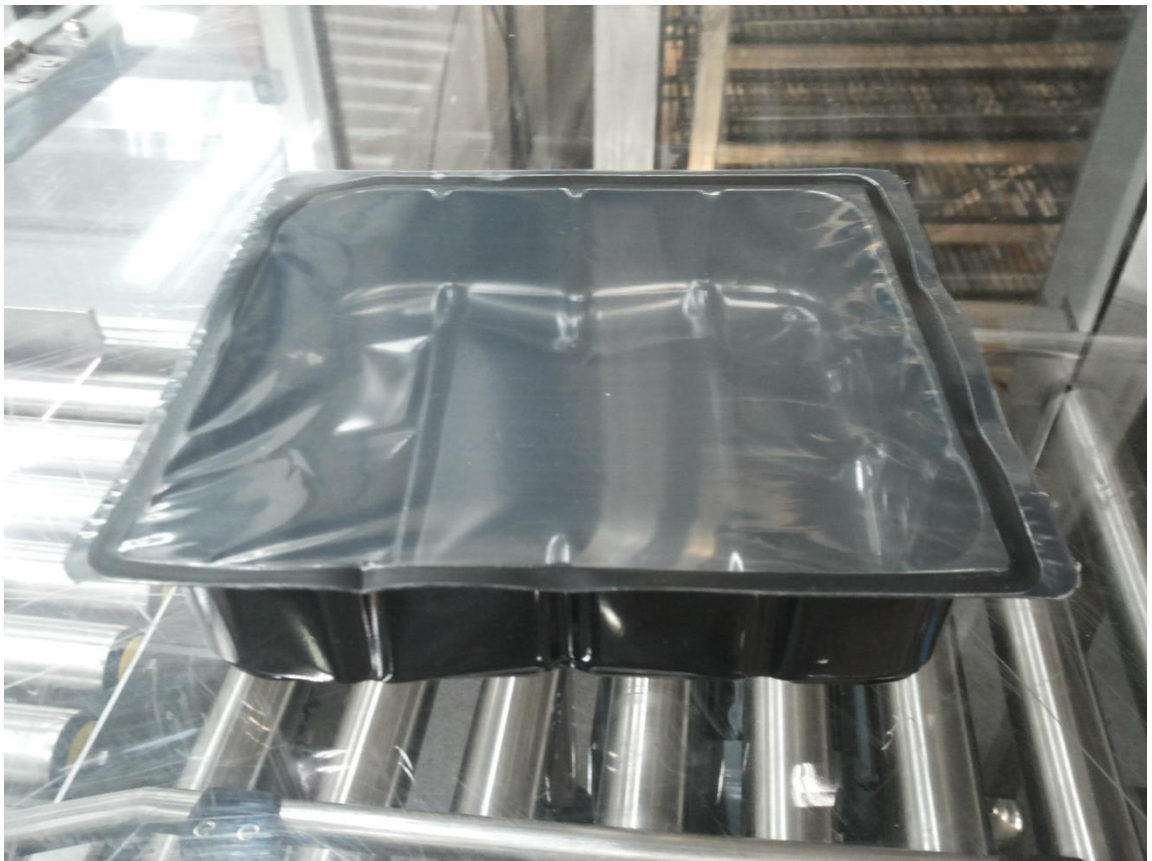
KUVA 6. Transbox-eineslaatikko. (www.transbox.fi)

6.1 Uusi rasia

Tuotantolinjalle on suunniteltu uusi pakkausrasia, jonka käyttöönotto tapahtuu huhtikuussa 2015. Rasiat valmistetaan uudella tuotantolinjalla lämpömuovaamalla

muovikalvosta. Ennen muutosta linjalla pakattiin useampaa kuin yhtä pakkauskokoa, joten robottisolun asetuksia piti muuttaa tuotevaihdosten yhteydessä. Nyt tuotantolinjalla pakataan vain yhtä rasiakokoa, joten tarvittavia muutoksia tuotevaihdoksessa on vain etikettien vaihto ja solun tuotenimike vaihdetaan, jotta kuljetinhihna vie ne oikealle paikalle Keskuslähettämöön.

Pakkaus on mitoiltaan 183 x 164 x 40 millimetriä (pituus, leveys, korkeus). Tällöin niitä mahtuu Transbox-laatikkoon 12 kappaletta, kuusi vierekkäin, kaksi kerrosta. Esimerkki tyhjästä pakkauksesta ilman etikettiä (Kuva 7). Tyhjä pakkaus on hieman reunoilta rypistynyt, koska sitä suljettaessa suojakaasun määrä on vakio ja pakkauksessa ei ole elintarvikkeita. Valmis tuote tulee olemaan pakattuna sileä ja virheetön.



KUVA 7. Uusi pakkausrasia. (Lauri Haverinen, 2015)

7 ROBOTTISOLU

7.1 Layout

Uuden tuotantolinjan myötä koettiin tarpeelliseksi siirtää robottisolun sijainti suoraan tuotannosta tulevan kuljetinhihnan jatkeeksi. Tähän muutokseen sisältyi samalla myös täysin uudet kuljetinjärjestelmät, jolla robotin pakkaamat elintarvikelaatikot siirretään Saarioisten Keskuslähettämöön tuotekeräilyä varten. Vanhassa layoutissa robottisolun sijoitus oli hieman kehno. Solun oville pääsy oli rajoittunut kuljetinlinjojen takia. Vaikkakin joihinkin kohtiin oli kuljettimien päälle rakennettu portaat helpottamaan työntekijöiden kulkua, oli liikkuminen silti varsin hankalaa. Varsinkin näihin asioihin on haettu parannusta layoutin suunnittelussa.

Layout-suunnittelu on joko kokonaisen tehtaan tai yksittäisen prosessin tilallista hahmottamista. Layoutin suunnittelussa pitää ottaa huomioon työergonomia ja turvallisuus sekä työn kannattavuuden ja tuottavuuden parantaminen.

7.1.1 Vanha layout

Vanhassa layoutissa robottisolu oli sijoitettu niin, että kuljetinhihnalta tulevat tuotteet kääntyivät vasemmalle, jossa solu sijaitti. Näin siksi, että tässä tilassa pakattiin myös käsin tuotteita laatikoihin, jotka sitten menivät suoraan lähettämöön lavaukseen. Liikkuminen tässä tilassa oli rajoittunutta solun paikoituksen ja kuljetinlinjojen vuoksi. Käytännössä robottisolulle pääsi vain yhdeltä puolelta kiertäen. Tällöin esimerkiksi tuotevaihdojen tai häiriöiden yhteydessä on solulle kulkeminen hankalaa. Liitteessä robottisolun paikka ympyröitynä sekä materiaalivirran suunta tuotannosta nuolella kuvattuna (Liite 1).

7.1.2 Uusi layout

Uudessa layoutissa robottisolu on suoraan tuotannosta tulevan kuljetinhihnan jatkeena, joten kaikki tuotepakkaukset menevät suoraan laatikointiroboteille. Erona vanhaan

layoutiin on myös se, että ennen kaikki eineslaatikot menivät lähettämön kautta, josta siirtyivät kuljettimelle, joka vei ne Keskuslähettämöön. Nyt eineslaatikot nousevat suoraan laatikointisolusta tullessaan Keskuslähettämöön vievälle kuljetinhihnalle. Käsinalatikointi on siirretty nyt robottisolun viereiselle linjastolle. Liitteessä robottisolun paikka ympyröitynä ja elintarvikkeiden tulosuunta nuolella merkittynä (Liite 2).

Solun uusi sijainti on seinän kohdalla, joten asennustyöt alkavat tämän seinän purkamisella. Uusi väliseinä rakennetaan tästä kohdasta hieman taaksepäin tuotantotilan ja pakkaustilojen väliin elintarvikehygienian vuoksi. Seinän purkaminen tuo pakkausalueelle paljon uutta tilaa, ja kulku robottisolun ympärillä on nyt paljon vaivattomampaa. Asennusta rajoitti yksi rakenteellinen tukipalkki, joka oli vanhan seinän kohdalla.

7.2 Solu

Robottisolu koostuu seuraavista osista

- Kaksi Toshiba TH650A robottia
 - 2 robotin ohjausyksikköä TS2100
 - Robottien tarttijat
- Kameratunnistusjärjestelmä
 - Kameramoduuli
 - Kamera
 - Loisteputkivalaisimet
 - PC-tietokone
 - Käyttöliittymä
- Ohjauskeskus
- Hihnakuljettimet
- Turvalaitteet
 - Suojaovi ja kuittauspainikkeet
 - Hätäseis-painikkeet

7.2.1 Robotit

Pakkaussolussa on kaksi laatikointitehtävässä toimivaa SCARA-robottia. Ne ovat sijoitettu pakkaussoluun kuljetinhihnan viereen peräkkäin, josta ne pakkaavat elintarvikepakkaukset

Robotit ovat Orfer OY:n toimittamia Toshiba TH650A SCARA-robotteja (Kuva 8). Yhden kiinnityspisteen ansiosta se on helppo asentaa moniin paikkoihin sekä tarvitsee vain pienen lattiatilan.



KUVA 8. Toshiba TH650A SCARA-robotti. (www.toshiba-machine.com)

Toshiba TH650A tekniset arvot ovat alla (Kuvio 1). Robotin nopeudet jokaiselle akselille ovat suuria tämän luokan tehtäviin. Myös kantokyky, eli 10 kilogrammaa, on ehkä jopa ylimitoitettu tämän tyyppiseen työtehtävään, jossa elintarvikepakkaukset painavat alle kilogramman.

Model		TH650A
Type		Horizontal Multi-joint
Number of controlled axis		4
Arm length		650mm (300mm+350mm)
Working envelope	Axis 1	$\pm 160^\circ$
	Axis 2	$\pm 143^\circ$
	Axis 3(Z-axis)	200mm/400mm
	Axis 4(Z-axis rotation)	$\pm 360^\circ$
Maximum speed	Axis 1	$340^\circ/\text{s}$
	Axis 2	$600^\circ/\text{s}$
	Axis 3(Z-axis)	2050mm/s
	Axis 4(Z-axis rotation)	$1700^\circ/\text{s}$
	Composite	7.52m/s
Standard cycle time(with 2kg payload)		0.31s
Maximum payload mass		10kg
Allowable moment of inertia at end		0.1kgm ²
Positioning repeatability	X-Y(Plane)	$\pm 0.01\text{mm}$
	Z-axis (vertical)	$\pm 0.01\text{mm}$
	Axis 4(Z-axis rotation)	$\pm 0.004^\circ$

KUVIO 1. Toshiba TH650A:n tekniset arvot. (www.robital.ro)

7.2.2 Konenäköjärjestelmä

Konenäköjärjestelmillä on nykypäivän teollisuudessa monia käyttökohteita. Yleisesti konenäköjärjestelmällä pyritään automatisoimaan jokin prosessin osa-alue. Järjestelmällä pyritään korvaamaan ihmisoperaattori esimerkiksi prosessin vaikeissa, aikaa vievissä tai muuten jopa mahdottomissa työtehtävissä. Konenäkö alkoi yleistyä teollisuudessa tietotekniikan nousun myötä. Konenäkösovellus vaatii tietokoneelta laskentatehoa kuvan lukemiseen algoritmien avulla. Järjestelmän kamera ja sen resoluutio, eli tarkkuus, määrittelee kuinka paljon informaatiota kuvasta voidaan saada. (Konenäkö robotin ohjauksessa, 1.)

Konenäköjärjestelmä voidaan yleensä jakaa neljään osa-alueeseen.

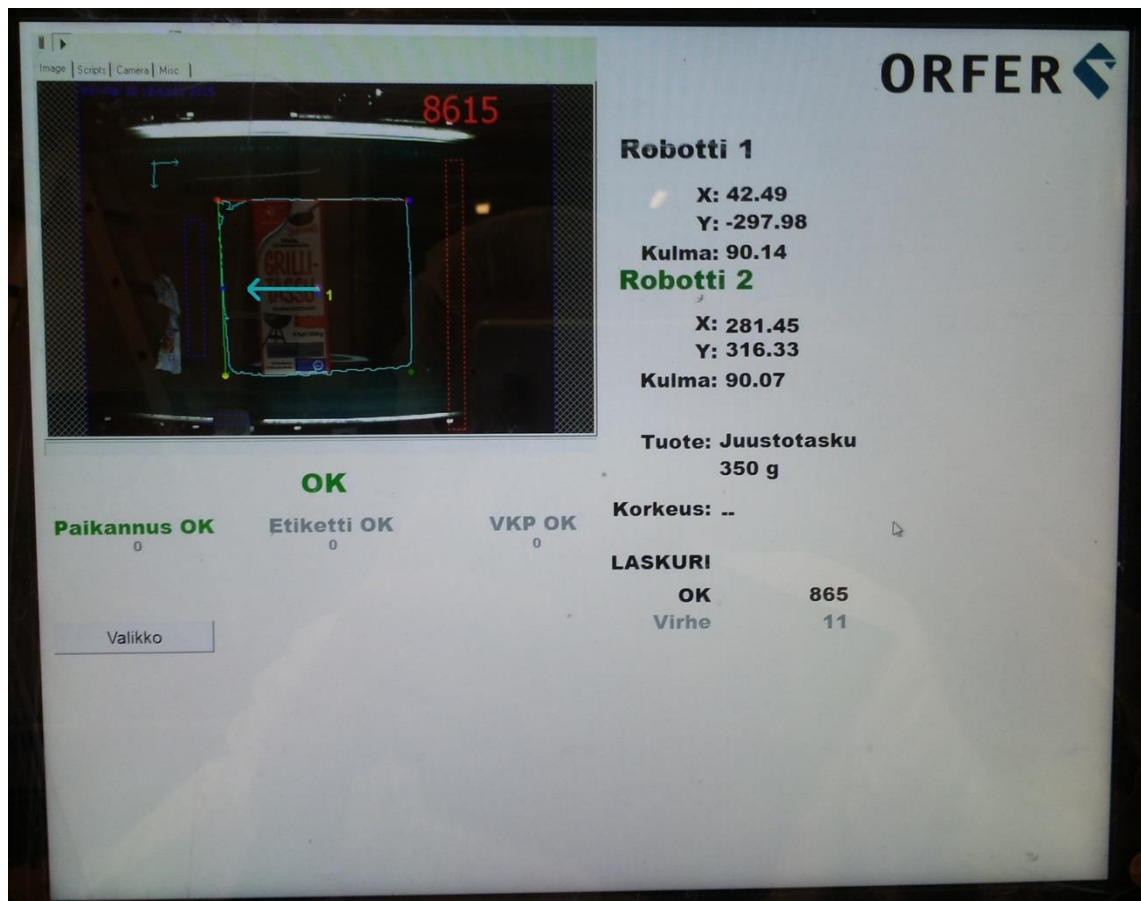
- Kuvan muodostus
 - Kamerate, linssit, valaistus
- Kuvankaappaus
 - Muuntaa ja tallentaa kuvan digitaaliseen muotoon
- Kuvankäsittely
 - Käsittelee tallennetun kuvan ja etsii halutut piirteet tai ominaisuudet
- Ohjausjärjestelmä

- Analysoi kuvasta piirteet ja ohjaa järjestelmää

Järjestelmä toimii edellä kuvan luettelon järjestyksessä, kun kuva otetaan, eli data muodostuu, alkaa edellä mainitut toimenpiteet. (Konenäkö robotin ohjauksessa, 3.)

Lihavalmistepakkaamon robottisolussa konenäkö määrittelee kuvasta tuotteen koordinaatit. Saatua informaatiota käytetään robottien ohjaukseen kappaleen poimimiseksi. Konenäkömoduuli on sijoitettu robottisolun etureunaan, jossa sovellus kuvaa jokaisen tuotteen niiden tullessa liukuhihnaa pitkin. Konenäköä sovelletaan, jotta laatikointirobotit osaavat tarttua tuotteisiin niiden tullessa robotin kohdalle.

Solun konenäköjärjestelmä koostuu kahdesta loisteputkesta, kamerasta, tietokoneesta sekä kuvankäsittelyohjelmasta, joka tulkitsee jokaisen kuvan automaattisesti. Järjestelmä käyttää kahta loisteputkea suorana valonlähteenä kuvattaville tuotteille. Suora valo on usein heikko valonlähde, koska se voi tuottaa vahvoja varjoja kuvattaviin esineisiin tai tuotteisiin. Kuvankäsittelyohjelma tulkitsee pakkauksen reunoista, missä asennossa se on, ja siirtää tiedon toiselle robotille, joka poimii pakkauksen hihnalta. Järjestelmän käyttöpaneelin ruudussa näkyy reaaliajassa jokaisen tuotteen konenäkösovelluksen ottama kuva ja sen koordinaatit (Kuva 9). Kuvassa näkyy, pakkauksesta otettu kuva, jossa sen reunat on haettu konenäköjärjestelmän toimesta, vihreällä ja turkoosilla värillä rajattu alue. Myös etiketti näkyy kohtuullisen selvästi, mutta sitä ei paikannukseen nyt käytetä. Tästä menee paikannustieto tällä kertaa robotti 2:lle, joka poimii pakkauksen sen kohdalle tullessaan.



KUVA 9. Konenäkösovelluksen ruutukaappaus. (Lauri Haverinen, 2015)

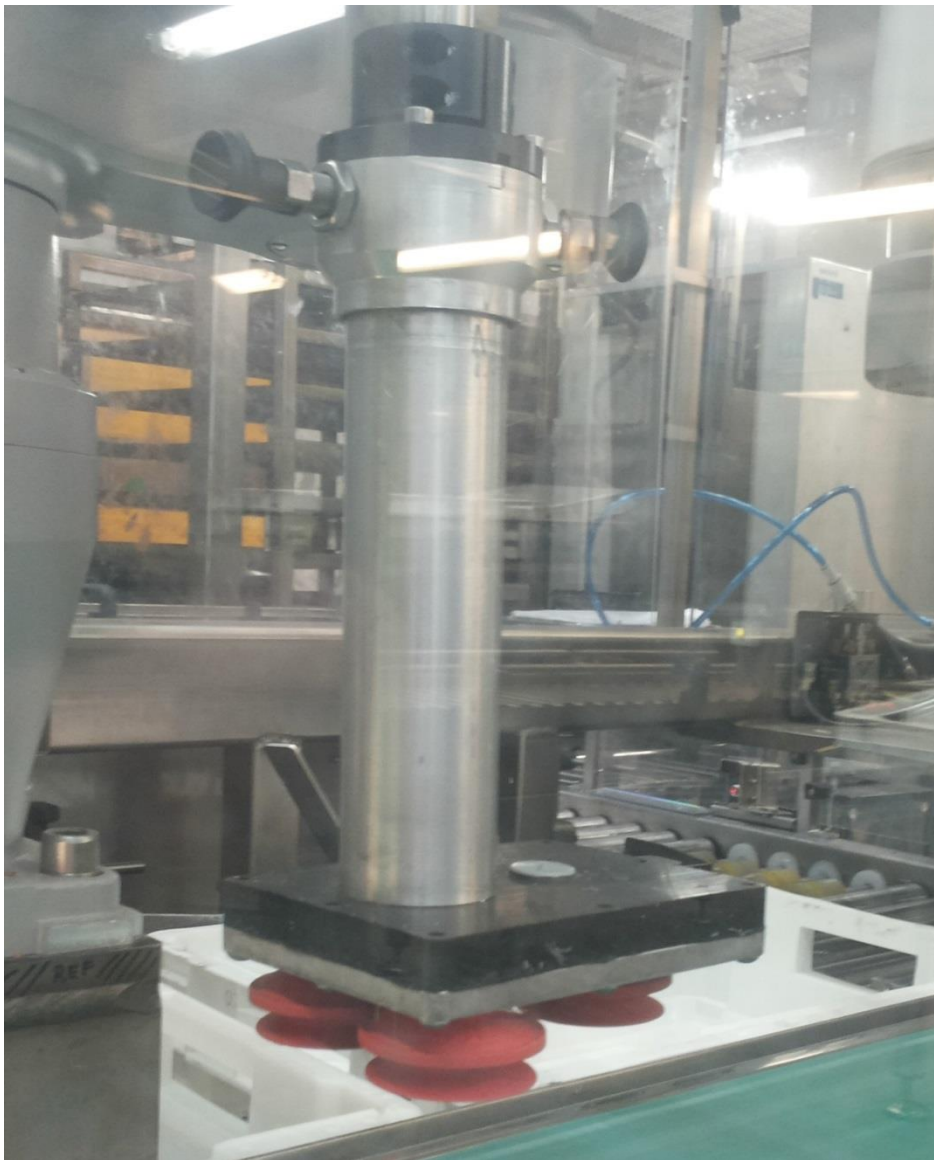
Konenäköjärjestelmällä voidaan myös havaita epäkurantit tuotepakkaukset eheiden ohesta. Esimerkiksi, jos etiketti puuttuu, pakkaus ei ole ehjä tai on huonossa asennossa. Tällöin tuote kulkee liukuhihnan loppuun ja putoaa laatikkoon, josta työntekijä sitten tarkistaa sen. Ruutukaappauksessa näkyy Etiketti OK –kohta, mikä tarkoittaa, että sovelluksessa on etiketin tarkastusominaisuus. Ominaisuus ei ole testihetkellä ollut päällä, joten se näkyy harmaalla. Muitakin virhekohteita voitaisiin tämänlaisella järjestelmällä havaita, esimerkiksi viimeisen käyttöpäivän leiman oikeellisuus tai onko VKP leimaa lainkaan. Tähän toimintaan ei kuitenkaan kameran resoluutio riitä.

7.2.3 Tarttumat

Robottien tarttumat pitää olla mahdollisimman yksinkertaiset ja varmatoimiset, jotta tuotantolinjan materiaalivirta pysyisi vaadittavalla tasolla. Solun robotit on suunniteltu ylläpitämään noin 40 – 60 einespakkauksen materiaalivirtaa minuutissa. Koska on kyse elintarvikepakkauksista ja niiden käsittelystä, on erityisesti otettava huomioon, miten

pakkauksesta otetaan kiinni ja miten sitä käsitellään. Pakkauksen eheys on ensisijaisen tärkeää tuotteen säilyvyyden ja tuoteturvallisuuden kannalta.

Robotin tarttumat ovat varta vasten rakennetut eri tuotteille. Tarttumat ovat yksinkertaisia imukuppitarttuvia, jotta elintarvikepakkaukset pysyisivät mahdollisimman eheinä eikä tarttumajälkiä jäisi. Tarttujassa on kolme imukuppia, joilla se saa riittävän pitävän otteen elintarvikepakkauksesta (Kuva 10). Tarttujan runko on sylinterimäinen varsi, jonka yläpäässä on kaksi kiinnitysruuvia, joilla se kiinnitetään SCARA-robotin pystyakseliin. Varsinainen työkalu on yksinkertaisesti rakennettu, suorakulmainen ruostumattomasta teräksestä ja muovista valmistettu osa. Siinä on alapuolella kiinni kolme imukuppia kolmion muodossa, joilla pakattaviin tuotteisiin tartutaan.



KUVA 10. Robotin tarttuja. (Lauri Haverinen, 2015)

7.3 Robottiturvallisuus

Robottisoluun on rakennettu ruostumattomasta teräksestä runko. Runkoon on asennettu akryylilasit peittämään koko robottien työalue jokaisesta suunnasta, jotta robottien ollessa toiminnassa työalueelle pääsy on estetty. Solussa on kaksi ovea robottien kohdalla, joista häiriötilanteessa voidaan päästä robottien työalueelle. Ovissa on relekytkimin varmistetut turvallisuuskytkimet. Jos oven ajaa robottien ollessa päällä, hätäseis kytkeytyy. Aina oven aukaistua, pitää solun käyttöpaneelista kuitata oven aukaisu, jolloin varmistetaan, ettei kukaan ole robottien työalueella ennen käynnistystä.

7.4 Muutostyön jälkeen

Robottisoluun ei sen siirrossa tehty toimintaan näkyviä muutoksia. Suurimmat muutokset koostuivat ja liittyivät laatikointilinjaan ja kuljetinjärjestelmiin. Solun robotit pitää uudelleenohjelmoida pakkaus uudistuksen myötä. Ohjelmoinnin suorittaa robotin toimittaja. Uudelleenohjelmointi aloitettiin heti, kun solu oli saatu asennettua uudelle paikalleen viikolla 5.

Laatikointirobotti robottisolussa. Kuvassa vanha imukupitarttuja vielä paikallaan (Kuva 11).



KUVA 11. Laatikointirobotti. (Lauri Haverinen, 2015)

Robottisolu asennusvaiheessa uudessa paikassansa. Kuljetinlinja tuotannosta takana (Kuva 12).



KUVA 12. Robottisolu paikalleenasennuksessa. (Lauri Haverinen, 2015)

Solun sijainti kuvattuna vielä ylhäältä (Kuva 13). Tässä vaiheessa solu on jo tuotannossa mukana. Kuvassa lisäksi uusi etikettikone robottisolun vasemmalla puolella.



KUVA 13. Robottisolu ylhäältä kuvattuna. (Lauri Haverinen, 2015)

8 JÄRJESTELMÄN YLÖSAJO

Alkuperäisten suunnitelmien myötä järjestelmän ylösajoa piti suorittaa jo viikon 5 jälkeen. Uusien pakkausten käyttöönottoa kuitenkin päätettiin siirtää eteenpäin, jolloin ne saapuvat käyttöön maaliskuussa 2015.

Pakkaussolun siirto ja asennus suoritettiin vuoden 2015 viikolla 5. Solu siirrettiin uuden tuotantolinjan perään ja kuljetinjärjestelmät rakennettiin samaan yhteyteen. Paikalleenasennuksen jälkeen alkoi solun uudelleenohjelmointi uutta elintarvikerasiaa varten.

Viikolla 14 alkoi uuden pakkausrasian testiajot. Uutta etikettiä ei vielä käytetty, vaan rasiat ajettiin vanhalla etiketillä. Ongelmia esiintyi laajalti testiajon yhteydessä. Pakkaukset kulkeutuivat liian lähelle toisiaan kuljetinhihnalla ja pakkausrobotit joko jättivät ne huomioimatta tai sitten tarrasivat molempiin, tai vain toiseen, mutta vaillinaisesti. Tämä aiheutti paljon väärin pakattuja eineslaatikoita. Laatikoissa saattoi olla ylimääräisiä pakkauksia, jolloin niiden pinoaminen ei onnistunut, pakkaukset eivät menneet kunnolla paikoilleen, jolloin myös pinoaminen hankaloitui tai pakkaukset putosivat tarttujasta.

Optimointien ja pienten säädösten kanssa on uusi pakkausrasia saatu etiketteineen toimimaan ja tuotanto robottisolun kanssa toimimaan. Tämän opinnäytetyön aikana ei kuitenkaan keretty näkemään kuinka suureen tuontonopeuteen tai materiaalivirtaan tällä robottisolulla ja pakkauksen yhdistelmällä päästään.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aihe ja varsinkin sen laajuus olivat keskeisessä osassa opinnäytetyön suunnittelussa ja toteutuksessa. Aihe pyrittiin rajaamaan koskettamaan vain robottisolua koskevia asioita ja samalla hieman sivuamaan koko tuotantolinjan rakennusprosessia. Aiheen rajaaminen tuntui hieman elävän koko opinnäytetyöprosessin ajan, mutta lopuksi päädyttiin kuitenkin keskittymään vain robottisolun keskeisiin toimintaperiaatteisiin ja komponentteihin, tällä tavalla pystyttiin antamaan kattava selvitys robottisoluun kohdistuvista suunnitelmista ja muutostyön dokumentoimisesta.

Työ oli itsessään opettavainen, ja sain seurata muutostyön etenemistä solun toimittajan työskennellessä. En ollut työsuhteessa opinnäytetyöprosessin aikana, joten kävin yrityksellä vierailulla silloin tällöin seuraamassa asennus- ja ohjelmointitöitä. Työn teoriaosuuden halusin pitää kompaktina, mutta perusasiat sisältävinä. Tähän auttoi robottikirjallisuus ja Internet-lähteet sekä robottisolun käyttöohjeet.

LÄHTEET

Aaltonen, K., Torvinen, S. 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo. WSOY.

Kuivanen, R. 1999. Robotiikka. Suomen Robotiikkayhdistys RY. Vantaa: Tummaavuoden Kirjapaino Oy.

Elintarviketurvallisuusvirasto. Päivitetty 11.10.2010. Elintarvikehygieniä. Luettu 26.1.2015.

<http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/hygieniaosaaminen/tietopaketti/elintarvikehygienia/>

Esimerkki kiertyvänivelisestä robotista

<http://www.meterforall.com/uploads/allimg/091221/1614323927-1.jpg>

Konenäkö robotin ohjauksessa. Luettu 17.3.2015

http://automation.tkk.fi/attach/AS-0-2230/lab3c_teoria.pdf

Lineaarisen robotin vapausasteet. <http://prime.jsc.nasa.gov/ROV/images/cartesian.GIF>

Orfer Oy. 2014. Historiaa. Luettu 16.1.2015.

<http://www.orfer.fi/suomeksi/ORFER/Historiaa/tabid/11350/language/fi-FI/Default.aspx>

<http://www.directindustry.com/prod/fanuc-robotics-europe/pick-and-placearticulated-robot-for-the-food-industry-32007-300879.html>

Saarioinen Oy. Päivitetty 2014. Historia. Luettu 15.4.2015

<http://www.saarioinen.fi/saarioinen/yritys/historia/>

Saarioisten perinteinen maksalaatikko.

<http://goo.gl/RYG3XZ>

SCARA-robotin vapausasteet. http://cdn2.hubspot.net/hub/13401/file-23401430-jpg/images/scara_robot_w_axis.jpg?t=1423518230252

Sylinterirobotin koordinaatisto. <http://www.robots.com/images/cylindrical.gif>

Toshiba Machine. Päivitetty 2014. Equipment details. Luettu 11.02.2015

http://www.toshiba-machine.com/CSProductDetails.aspx?dept=4&machine_id=109

Toshiba Machine. <http://www.robital.ro/fisiere/pdf/TH650A.pdf>

Toshiban TH650A SCARA-robotti. <http://www.toshiba-machine.com/Upload/Product/ba6476b270.jpg>

Transbox-eineslaatikko.

<http://www.transbox.fi/images/Transbox-eines-1.jpg>